نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۵۲۸-۵۱۳

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 4, Winter 2021, p. 513-528

مقاله علمی- پژوهشی

ارزش افزوده (ماتریکس) مکمل لیزوفسفولیپید بر انرژی قابل متابولیسم انواع چربی و مواد مغذی قابل هضم جیره ذرت - کنجاله سویا در جوجه‌های گوشتی

علی اکبر سالاری[۱] – ابوالقاسم گلیان[۲]* – احمد حسن آبادی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۴

چکیده

به منظور برآورد ارزش افزوده ناشی از افزودن مکمل لیزوفسفولیپید بر قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی قابل‌متابولیسم چربی‌ها آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل ۴ × ۳ × ۲ شامل، دو سطح مکمل لیزوفسفولیپید (۰ و ۲۵۰ گرم در تن)، سه منبع چربی (روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط ۵۰ :۵۰ آنها) در چهار سطح چربی (۰، ۳، ۶ و ۹ درصد) و شش تکرار با دو قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ به مدت ۳ روز انجام گرفت. تعداد ۱۲ جیره از طریق جایگزینی روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها در چهار سطح با جیره پایه تهیه و سپس هر جیره به دو قسمت مساوی تقسیم و به یک قسمت از آنها ۰/۲۵ گرم در کیلوگرم مکمل لیزوفسفولیپید اضافه و مخلوط شد تا ۲۴ جیره تهیه شود. افزودن مکمل لیزوفسفولیپید به جیره‌ها بر انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده خشک و چربی خام آنها تأثیر معنی‌داری نداشت. در حالی که اثر متقابل سطح جایگزینی و منبع چربی بر محتوای انرژی قابل متابولیسم جیره‌ها معنی‌دار بود ($P<0/05$). اثرات متقابل دوجانبه و سه‌جانبه برای انرژی قابل متابولیسم چربی و قابلیت هضم مواد مغذی جیره معنی‌دار نبودند. محتوای انرژی قابل متابولیسم روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها به ترتیب ۸۳۶۷، ۶۱۳۴ و ۶۵۴۷ کیلوکالری در کیلوگرم برآورد شد. مکمل لیزوفسفولیپید باعث بهبود انرژی قابل متابولیسم منابع مختلف چربی به مقدار ۵۹۶/۴ کیلوکالری در کیلوگرم چربی شد. معادلات رگرسیونی ارزش افزوده لیزوفسفولیپید برای انرژی قابل متابولیسم هر کیلوگرم روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها را به ترتیب ۱۵۷، ۴۳ و ۲۱۱ کیلوکالری در کیلوگرم برآورد نمودند. در مجموع، مکمل لیزوفسفولیپید تأثیری بر انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده خشک و چربی جیره نداشت، اما انرژی قابل متابولیسم منابع چربی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: ارزش افزوده، پیه گاوی، روغن سویا، سطح چربی، عملکرد، منابع چربی

مقدمه

با توجه به نقش و اهمیت مواد خوراکی در تغذیه و عملکرد طیور، محققان زیادی در جهان مشغول یافتن راهکارهای نوین جهت افزایش بهره‌وری مواد غذایی در حیوانات هستند. لیپیدها گروه ناهمگنی از ترکیبات آلی شامل چربی‌ها، روغن‌ها، موم‌ها، استروئیدها و ترکیبات مربوطه هستند که بیشتر از نظر فیزیکی، با یکدیگر ارتباط دارند. ویژگی‌های مشترک این ترکیبات شامل عدم انحلال نسبی در آب و حلالیت در حلال‌های غیرقطبی نظیر اتر و کلروفرم می‌باشد (۱۹). لیپیدها در گیاهان عمدتاً به شکل روغن و در حیوانات به صورت چربی سخت هستند که در مقایسه با پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها مقدار انرژی بیشتری را در اختیار حیوان قرار می‌دهند. بنابراین، با افزودن لیپیدها به جیره می‌توان محتوای انرژی آن را افزایش داد. هضم و جذب چربی جیره نیازمند فرآوری تری‌گلیسیریدهای نامحلول در آب است که این عمل با فعالیت صفرا به منظور امولسیفه کردن

۱ – دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲– اساتید گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*–ایمیل نویسنده مسئول: golian-a@um.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i4.81617

چربی‌ها و سپس هیدرولیز آنها توسط لیپاز انجام می‌شود (۳۹). هضم چربی‌ها به ویژه در پرندگان جوان بهینه نیست و با افزایش سن بهبود می‌یابد، این امر به دلیل ظرفیت پایین دستگاه گوارش در ترشح آنزیم لیپاز و اسیدهای صفراوی است به طوری که عملکرد لیپاز در جوجه‌های یک روزه یک درصد فعالیت آن در سن ۲۱ روزگی است (۱۵). به علاوه، در بیشتر جیره‌ها به علت محدودیت زمان حضور مواد غذایی در روده کوچک، تأمین کافی مواد مغذی امکان‌پذیر نبوده و این وضعیت سبب کاهش سرعت رشد و تولید پرندگان می‌گردد. بنابراین، استفاده از ترکیباتی که باعث افزایش سرعت جذب در دستگاه گوارش شده و انرژی بیشتری را در دسترس حیوان قرار دهند، می‌توانند عملکرد را افزایش دهد. امولسیفایرها مولکول‌هایی هستند که از دو بخش تشکیل می‌شوند که یک بخش آنها آبدوست (هیدروفیل) و بخش دیگر آن آبگریز (هیدروفوب) است. مولکول امولسیفایر می‌تواند با بخش آبدوست خود در آب و با بخش آبگریز خود در چربی حل شود و نقش مهمی در کمک به تشکیل میسل ایفا نماید (۸). بنابراین، امولسیفایرها می‌توانند قطرات چربی را در امولسیون توزیع کنند که این امر برای هضم و جذب چربی‌ها لازم است. فسفولیپیدها جزء ترکیباتی هستند که در فرآیند امولسیفه کردن چربی‌ها شرکت می‌کنند. فسفولیپیدها هم دارای دو بخش آب گریز و آب دوست هستند که در آنها یک اسید فسفریک و دو اسید چرب با مولکول گلیسرول استریفه می‌شوند که خود با اتر، کولین، اتانول آمین و اینوزیتول پیوند یافته‌اند. این ساختار باعث شده، وقتی با آب و چربی ترکیب می‌شوند، به عنوان سورفاکتانت عمل کنند (۱۷). از جمله امولسیفایرهای فسفولیپیدی موثر در هضم جذب چربی در پرندگان می‌توان به لیزوفسفولیپید اشاره کرد. لیزوفسفولیپید، سورفاکتانت‌های طبیعی هستند که از هیدرولیز فسفولیپید توسط فسفولیپاز A_2 بدست می‌آیند (۱۱). لیزوفسفولیپیدها باعث افزایش قدرت امولسیفه شدن چربی‌های موجود در جیره و همچنین باعث تسهیل در تشکیل شیلومیکرون‌ها شده و در نتیجه باعث افزایش قدرت هضم و جذب لیپیدها از قبیل اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی در روده کوچک می‌شوند (۳۸). راجو و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که با استفاده از لیزولسیتین سبوس برنج، قابلیت هضم چربی جیره در جوجه‌های گوشتی افزایش یافت (۲۳). همچنین با استفاده از لیزولسیتین سویا موجود در روغن سویا، چربی گوسفند و چربی طیور، قابلیت هضم اسیدهای چرب در جوجه‌های گوشتی افزایش یافت (۳۸). بنابراین، از یک سو دستگاه گوارش جوجه‌های جوان نابالغ است و عمل هضم و جذب در آن به صورت ناقص انجام می‌شود و از طرف دیگر در پرندگان بالغ نیز علاوه بر زمان محدود حضور مواد غذایی در روده کوچک، در بسیاری از جیره‌ها امکان تأمین کافی مواد مغذی از خوراک مصرفی پرنده ممکن نبوده و باعث کاهش سرعت رشد و تولید پرنده می‌شود، و احتمالاً در این شرایط استفاده از ترکیباتی که باعث افزایش قدرت جذب مواد مغذی در دستگاه گوارش شوند و انرژی بیشتری را در اختیار پرنده قرار دهند، می‌تواند مفید باشد. هدف از این مطالعه برآورد ارزش افزوده شده هنگام استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید برای مواد مغذی جیره ذرت- کنجاله سویا و انرژی قابل متابولیسم انواع چربی در دوره رشد جوجه‌های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

پرندگان مورد آزمایش

این آزمایش در سایت تحقیقاتی دام و طیور دانشگاه فردوسی مشهد در تابستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. تعداد ۳۵۰ قطعه جوجه گوشتی نر یکروزه سویه راس ۳۰۸ از یک واحد جوجه‌کشی تجاری تهیه شدند. در ابتداء کل جوجه‌ها تا ۱۴ روزگی در جایگاه بستری نگهداری و با جیره‌های استاندارد آغازین (۱۰-۱ روزگی) و رشد (۱۴-۱۱ روزگی) تغذیه شده و از ۱۵ تا ۲۱ روزگی جهت انجام آزمایش تعداد ۲۸۸ قطعه جوجه به ۱۴۴ گروه دوتایی تقسیم و به طور تصادفی به قفس‌های متابولیکی منتقل و با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. ابعاد قفس‌ها ۴۰ × ۴۵ × ۴۰ سانتی‌متر و دارای یک دانخوری ناودانی و دو آبخوری پستانکی بودند. یک برنامه نوری ۲۴ ساعت روشنایی اعمال شد.

جیره‌های آزمایشی

در ابتداء یک جیره شاهد بر پایه ذرت - کنجاله سویا تهیه (جدول ۱) و به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم شد. ۱۲ جیره آزمایشی از جایگزینی و مخلوط کردن روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها (۵۰ :۵۰) در چهار سطح با جیره شاهد تهیه شدند و سپس هر جیره به دو قسمت مساوی تقسیم و به یک قسمت ۰/۲۵ گرم در کیلوگرم مکمل لیزوفسفولیپید اضافه و مخلوط شدند تا ۲۴ جیره تهیه شود. مکمل لیزوفسفولیپید با نام تجاری آرتیفایر ساخت کمپانی Artevet در

ایالات متحده آمریکا و از نمایندگی گلبارنوین در ایران خریداری شد. از روش جمع‌آوری کل مدفوع استفاده شد (۲۱).
برای ارزیابی انرژی قابل متابولیسم چربی و قابلیت هضم مواد مغذی

جدول ۱- ترکیب و میزان مواد مغذی جیره پایه
Table 1- Composition and nutrient content of the basal diet

ترکیبات جیره Diet ingredients	درصد ٪
ذرت Corn	63.94
کنجاله سویا، ۴۴ درصد پروتئین Soybean meal (CP 44%)	32.02
دی‌کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.56
سنگ آهک Limestone	0.93
نمک طعام (کلراید سدیم) Salt	0.26
دی‌ال ـ متیونین DL- Methionine	0.28
ال ـ لیزین هیدروکلراید L- lysine Hydrochloride	0.22
ال- ترئونین L-Threonine	0.08
مکمل ویتامینه[۲] Vitamin premix[2]	0.25
مکمل مواد معدنی [۳] Mineral premix[2]	0.25
سدیم بیکربنات $NaHCo_3$	0.12
کولین کلراید Choline chloride	0.05
ترکیبات شیمیایی محاسبه شده (درصد) Calculated composition %	
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم) Metabolisable Energy (kcal/kg)	2876
پروتئین خام Crude protein	19.95
کلسیم Calcium	0.80
فسفر قابل دسترس Available phosphorous	0.40
لیزین Lysine	1.19
متیونین Methionine	0.59
متیونین+ سیستین Methionine + Cysteine	0.91
ترئونین Threonine	0.81
سیستین Cysetine	0.32
تریپتوفان Tryptophan	27.0
سدیم Sodium	15.0

کلر Chlorine	0.25
پتاسیم Potassium	0.83
کولین Choline	0.17
DCAD mEq (میلی‌اکی والان)	213.76

[1] جیره آزمایشی از جایگزین و مخلوط کردن روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها (۵۰:۵۰) به مقادیر صفر، ۳، ۶ و ۹ درصد در جیره پایه با و بدون مکمل لیزوفسفولیپید حاصل شدند.

[2] مکمل ویتامینی مقادیر به ازای هر کیلوگرم جیره: ویتامین A (ترانس ـ رتینیل استات)، ۱۲۵۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین $D_۳$ (کوله کلسیفرول)، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E (دی‌ال ـ آلفا توکوفریل استات)، ۸۰ میلی‌گرم؛ ویتامین K (منادیون)،۳.۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۳.۲ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۸.۶ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۴.۸۶ میلی‌گرم؛ ویتامین $B_{۱۲}$ (سیانوکوبالامین)، ۰.۰۲ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۶۲.۵۱ میلی‌گرم؛ پنتوتنیک اسید (دی‌کلسیم پنتوتنات)، ۸.۶ میلی‌گرم؛ فولیک اسید، ۲.۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰.۲۵ میلی‌گرم؛ اتوکسی کوئین (آنتی‌اکسیدانت)، ۲.۵ میلی‌گرم.

[3] مکمل معدنی مقادیر به ازای هر کیلوگرم جیره: آهن، ۲۰.۲۳ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم؛ روی، ۱۱۰ میلی‌گرم؛ مس، ۱۶ میلی‌گرم؛ ید، ۱.۲۵۲ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰.۳۰ میلی‌گرم.

[1] 24 experimental diets were obtained from substitutes and mixed soybean oil, tallow and their mixture (50:50) to 0, 3, 6 and 9% in basal diet with and without lysophospholipid supplementation.

[2] Vitamin premix supplied per kilogram diet: vitamin A (Trans Retinyl Acetate), 12500 International units; vitamin D_3 (Cholecalciferol), 5000 International units; vitamin E (tocopheryl acetate), 80 mg; vitamin K_3, 3.2 mg; thiamine, 3.2 mg; riboflavin, 8.6 mg; panthothenic acid, 8.6 mg; pyridoxine, 4.86 mg; B_{12} Cyanocobalamin, 0.02 mg; niacin, 62.51 mg; biotin, 0.25 mg; folic acid, 2.2 mg; Antioxidant 2.5 mg.

[3] Mineral premix supplied per kilogram diet: Fe ,20.23 mg; Mn, 120 mg; Zn, 110 mg; Cu ,16 mg; I , 1.252mg; Se, 0.3 mg.

از ۱۵ تا ۱۸ روزگی ابتداء ۳ روز عادت‌پذیری جوجه‌ها با قفس و جیره‌های آزمایشی انجام گرفت و سپس طی ۳ روز آزمایش، کل مدفوع (به طور روزانه) جمع‌آوری شد. در روز ۱۸ به مدت ۱۲ ساعت گرسنگی اعمال و سپس سینی جمع‌آوری کود در زیر قفس‌ها تعبیه و خوراک داده شد. در روز ۲۱ (پس از ۷۲ ساعت) خوراک برداشته و به مدت ۱۲ ساعت گرسنگی اعمال و در پایان گرسنگی دوم کود جمع‌آوری شد. هر روز دو بار جمع‌آوری مدفوع صورت گرفت. نمونه‌های مدفوع خشک شده هر واحد در یک کیسه پلاستیکی بسته‌بندی شده و برچسب زده و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری شد. کل مدفوع خشک هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شده و به طور کامل مخلوط، یکنواخت و یک نمونه ۵۰ گرمی از هر تکرار برای اندازه‌گیری انرژی خام، ماده خشک و چربی‌خام برداشته و در محل خشک نگهداری شد. مقدار مصرف خوراک جوجه‌های هر تکرار در سه روز آزمایش از مابه التفاوت خوراک داده و مانده اندازه‌گیری و مشابه مدفوع آنالیزگردید.

تجزیه شیمیایی و محاسبه انرژی قابل متابولیسم خوراک

اسیدهای چرب عمده موجود در نمونه‌های روغن سویا و پیه‌گاوی مورد استفاده در این آزماش قبل از مخلوط با جیره‌ها به صورت سه نمونه از هر یک با دستگاه GC (Gas Chromatography) آنالیز شدند. انرژی خام با دستگاه بمب کالریمتریک (Parr)، ماده خشک با ترازوی دیجیتال (Sartorius) و چربی خام با دستگاه سوکسله (AOAC) در ۲۴ جیره آزمایشی و تعداد ۱۴۴ نمونه فضولات تعیین گردید. فرمول (۱) محاسبه انرژی قابل متابولیسم هر جیره را نشان می‌دهد (۲۵).

$$AME/\ gr\ of\ feed = [(F_i \times GE_f) - (E \times GE_e)]/F_i$$

(فرمول ۱)

E= کل فضولات (گرم)

F_i= مقدار خوراک مصرفی (گرم)

GE_f = انرژی خام یک گرم خوراک (کیلوکالری)

GE_e= انرژی خام یک گرم فضولات (گرم)

محاسبه انرژی قابل متابولیسم برای هر یک از نمونه‌های چربی در هر سطح جایگزینی مطابق فرمول (۲) پیشنهادی سیبالد (۲۳) انجام شد.

$$\boldsymbol{x} = \text{انرژی جیره پایه} - \frac{(\text{انرژی جیره آزمایشی} - \text{انرژی جیره پایه})}{\text{درصد جایگزینی چربی}}$$

$\boldsymbol{x}$ = مقدار انرژی قابل متابولسیم چربی محاسبه شده از هر سطح جایگزینی

آنالیز داده‌ها

داده‌های آزمایش جهت مطالعه اثرات جیره‌های آزمایشی حاوی روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها در قالب طرح کاملاً تصادفی با

چیدمان فاکتوریل ۴ × ۳ × ۲ (دو سطح مکمل × سه منبع چربی × چهار سطح چربی) و با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS ۹/۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شد. از رویه REG و گزینه Stepwise برای تجزیه و تحلیل و رگرسیون ساده نرم‌افزار SAS جهت برآورد انرژی قابل‌متابولیسم روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها استفاده شد. مدل آماری طرح مورد استفاده با اجزای مدل در معادله زیر ارائه شده است.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl}= مقدار عددی هر مشاهده AB_{ij}= مکمل امولسیفایر × نوع منبع چربی در جیره پایه

μ= میانگین جامعه AC_{ik}= مکمل امولسیفایر × سطح جایگزینی چربی در جیره پایه

A_i= اثر سطح i ام فاکتور A مربوط به سطح مکمل امولسیفایر BC_{jk}= نوع منبع چربی در جیره پایه × سطح جایگزینی چربی در جیره پایه

B_j= اثر سطح j ام فاکتور B مربوط به نوع منبع چربی ABC_{ijk}= مکمل امولسیفایر × نوع منبع چربی × سطح جایگزینی چربی در جیره پایه

C_k = اثر سطح k ام فاکتور C مربوط به سطح جایگزینی چربی در جیره پایه e_{ijkl}= خطای آزمایشی

نتایج و بحث

آنالیز اسیدهای چرب عمده روغن سویا و پیه‌گاوی در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به تفاوتی که در نسبت اسیدهای چرب اشباع به غیراشباع (SFA: UFA) پیه‌گاوی (۶۰: ۳۳) و روغن سویا (۱۶ :۸۴) وجود دارد، مشخص است که اسیدهای چرب اشباع زیاد موجود در چربی حیوانی، قابلیت هضم کمتری در مقایسه با اسیدهای چرب روغن‌های گیاهی دارند. وونگسیتاوز و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که کاهش نسبت SFA: UFA، باعث بهبود ضریب‌تبدیل غذایی خواهد شد (۳۵). اسمیتز و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که اسیدچرب C۱۶:۰ از روغن سویا دارای ضریب جذب بیشتر نسبت به اسیدچرب C۱۶:۰ موجود در پیه‌گاوی است، زیرا جذب یک اسیدچرب به خواص فیزیکوشیمیایی نوع چربی یا روغن مرتبط است (۳۰). طبق نظر فردمن و نایلند (۱۹۸۰)، جذب SFA بلند زنجیر از طریق نرخ پایین اتصال آنها به داخل میسل‌ها محدود می‌شود (۷). اسیدهای چرب اشباع به علت غیرقطبی بودن نسبت به اسیدهای چرب غیراشباع سرعت کمتری برای ورود به داخل میسل دارند و این امر سبب می‌شود که امولسیون آنها نیاز به نمک‌های صفراوی بیشتری داشته باشد (۲۱). حضور اسیدهای چرب C۱۸:۲ در روغن سویا ممکن است سبب بهبود جذب اسیدهای چرب C۱۶:۰ از طریق تشکیل میسل و در نتیجه افزایش ظرفیت SFA در هسته میسل شوند (۶).

جدول ۲- آنالیز اسیدهای چرب عمده در روغن سویا و پیه‌گاوی (درصد)

Table 2- Analysis of main fatty acids in soybean oil and tallow (%)

اسیدهای چرب[1] Fatty acids[1]	ایزومر Isomer	پیه‌گاوی Tallow	روغن‌سویا Soybean oil
اسید استئاریک Stearic acid	$C_{18}: 0$	29.29	3.79
اسید پالمیتیک Palmitic acid	$C_{16}: 0$	27.34	11.54
اسید لوریک Lauric acid	$C_{14}: 0$	3.04	0.5
اسید اولئیک Oleic acid	$C_{18}: 1$	28.51	23.51
اسید لینولئیک Linoleic acid	$C_{18}: 2$	3.81	52.78
اسید لینولنیک Linolenic acid	$C_{18}: 3$	0.51	6.95
SFA : UFA		60 : 33	16 : 84

[1] تجزیه‌ها حاصل از میانگین سه تکرار هر منبع چربی مورد استفاده می‌باشد.

[1]The analyzes are derived from the average of three replicates of each source of fat used.

اثرات اصلی مکمل لیزوفسفولیپید، منبع چربی و سطح چربی جایگزینی در جیره پایه (ذرت-کنجاله سویا) بر انرژی قابل‌متابولیسم چربی‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. مکمل لیزوفسفولیپید باعث بهبود معنی‌دار انرژی قابل متابولیسم چربی به مقدار ۵۹۶/۴

کیلوکالری در کیلوگرم چربی شد (P<۰/۰۵). در بین منابع چربی، روغن سویا بیشترین مقدار انرژی قابل متابولیسم را داشت (P<۰/۰۵). انرژی قابل متابولیسم مخلوط روغن سویا و پیه‌گاوی (۵۰ درصد روغن و ۵۰ درصد پیه‌گاوی) ۷۷۹۹ کیلوکالری در کیلوگرم بود که اختلاف معنی‌داری با میزان انرژی قابل متابولیسم پیه‌گاوی (۷۴۷۵ کیلوکالری در کیلوگرم) نداشت، اما حدود ۳۱۴ کیلوکالری انرژی قابل متابولیسم آن را بهبود داد (P>۰/۰۵). اثرات متقابل (لیزوفسفولیپید × نوع منبع چربی، لیزوفسفولیپید × سطح چربی و لیزوفسفولیپید × نوع منبع چربی × سطح چربی) به علت معنی‌دار نبودن ارائه نشده است. مطابق نتایج این بررسی چندین محقق قابلیت هضم بالاتر روغن سویا را نسبت به پیه‌گاوی گزارش کردند (۲۲). مطالعات نشان داده است که درجه اشباعیت، مقدار اسیدهای چرب آزاد و موقعیت اسیدهای چرب روی بنیان گلیسرول (۲۴) بر استفاده چربی توسط پرنده موثر است. عوامل فیزیولوژیکی و متابولیکی ممکن است بر هضم لیپید موثر باشد، که به فرآیند امولسیون توسط فعالیت سورفاکتانتی نمک‌های صفراوی مربوط می‌شود. به هرحال، در مراحل اولیه زندگی جوجه‌ها، مقدار ترشح نمک‌های صفراوی ناکافی است، که نشان دهنده یک مرحله بحرانی است که شاید لیزوفسفولیپیدها بتوانند هضم لیپیدها را بهینه کنند. احتمالاً فعالیت لیزوفسفولیپید بر قابلیت هضم چربی‌خام در جیره‌های حاوی پیه‌گاوی، عملکرد نمک‌های صفراوی را کامل می‌کنند، که در شرایط عادی اثر کمی روی مقدار بالای اسیدهای چرب اشباع دارند (۱۴). الزوقی و همکاران (۲۰۱۰) افزایش در قابلیت هضم چربی هنگام مکمل کردن با نمک‌های صفراوی را گزارش کردند (۱). در راستای این مطالعه، پژوهشگران نشان دادند که پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی پیه‌گاوی به طور معنی‌داری انرژی قابل متابولیسم تصحیح شده برای نیتروژن، پروتئین خام و ضریب قابلیت هضم ماده خشک کمتری نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی روغن سویا دارند (۴). افزایش قابلیت هضم چربی به وسیله لسیتین (۲۱) و انرژی قابل متابولیسم چربی به وسیله لیزولسیتین در جوجه‌های گوشتی مشاهده شده است (۳۸). پیه‌گاوی نسبت به چربی خوک در زمانی که لسیتین یا لیزوفسفولیپید به جیره اضافه شد، بیشتر قابل هضم بود (۱۱). به هرحال، ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) هیچ اثر متقابلی بین منبع چربی (روغن سویا، پیه‌گاوی و چربی طیور) و لیزولسیتین بر قابلیت هضم مواد مغذی مشاهده نکردند که با نتایج حاضر مطابقت دارد (۳۸).

اثرات اصلی مکمل لیزوفسفولیپید، منبع چربی، سطح چربی بر مقدار انرژی قابل متابولیسم چربی و قابلیت هضم مواد مغذی جیره در جدول ۴ نشان داده شده است. افزودن مکمل لیزوفسفولیپید بر انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده خشک و چربی‌خام جیره اثر معنی‌داری نداشت. استفاده از مخلوط روغن سویا و پیه‌گاوی نسبت به پیه‌گاوی باعث بهبود قابلیت هضم چربی خام جیره شد (P<۰/۰۰۱).

مشابه نتایج این مطالعه، زامپیگا و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر معنی‌داری را هنگام استفاده از یک و یک و نیم (کیلوگرم درتن خوراک) از لیزوفسفولیپید بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره مشاهده نکردند (۳۷). در مقابل، شفاتزر و ادامز (۱۹۹۶) بهبود اندکی در قابلیت هضم چربی، نیتروژن و ماده خشک به هنگام استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید در جیره گزارش کردند (۲۶). به هرحال، محققان اظهار داشتند که استفاده از لیزوفسفولیپید وکمپلکس آنزیمی سبب بهبود معنی‌دار در قابلیت هضم مواد مغذی می‌شود که ممکن است یک اثر سینرژیک را نشان دهد (۲۷). ژانک و همکاران (۲۰۱۱) هیچ تأثیر معنی‌داری هنگام استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید بر قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین خام جیره در جوجه‌های گوشتی در سن ۱۴ تا ۱۷ و از ۳۵ تا ۳۸ روزگی مشاهده نکردند (۳۸). دیگر محققان نشان دادند که استفاده از لیزوفسفولیپید در جیره جوجه‌های گوشتی سبب بهبود معنی‌دار قابلیت هضم اسیدهای چرب . :C_{16}، (n۹) $C_{18}:1$، (n۷) از ۱۴ تا ۱۷ روزگی و $C_{18}:2$ و (n۳) $C_{18}:3$ از ۳۵ تا ۳۸ روزگی شد. ژائو و همکاران (۲۰۱۵) هیچ اختلاف معنی‌داری در قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌های حاوی دو سطح لیزوفسفولیپید در خوک‌های نابالغ مشاهده نکردند. اثرات لیزوفسفولیپید بر قابلیت هضم مواد مغذی به عواملی مانند: تفاوت در جیره پایه، مخصوصاً در مواد خوراکی، ترکیب و نسبت چربی افزودنی در جیره و امولسیفایر (لیزوفسفولیپید) بستگی دارد که می‌توانند منجر به بروز پاسخ‌های متفاوت شوند (۳۸). جنسن و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که اثر لیزوفسفولیپید بر قابلیت هضم مواد مغذی به طور گسترده‌ای بستگی به منابع چربی مورد استفاده در جیره جوجه‌های گوشتی دارد (۹). ژائو و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند که لیزوفسفولیپید سبب بهبود قابلیت هضم مواد مغذی در خوک‌های نابالغ تغذیه شده با جیره‌های کم انرژی با استفاده از پیه‌گاوی به عنوان منبع چربی شدند (۳۹).

جدول ۳- اثر مکمل لیزوفسفولیپید بر انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم چربی) روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها (۵۰: ۵۰ روغن سویا و پیه‌گاوی) در جوجه‌های گوشتی (۱۷ تا ۲۱ روزگی)

Table 3- Effect of supplementation lysophospholipids on metabolizable Energy (kilocalories per kg of fat) of soybean oil, tallow and their mixture (50:50 soybean oil and tallow) in broiler chickens (17-21 days)

اثرات اصلی The main effects	تعداد مشاهدات Number of observation	AME (kcal/kg)
مکمل Supplementation		
بدون امولسیفایر Without emulsifier	72	7891[b]
با امولسیفایر With emulsifier	72	8487[a]
SEM		131.87
اثر منبع چربی Effect of fat source		
روغن سویا Soybean oil	48	9283[a]
پیه‌گاوی Tallow	48	7485[b]
مخلوط Mixture	48	7799[b]
SEM		161.51
اثر سطح چربی Effect of fat level		
3	36	9060[a]
6	36	8439[b]
9	36	7069[c]
SEM		161.51
	احتمالات[۱] p-value[1]	
اثر مکمل Supplement effect		0.002
اثر منبع چربی Effect of fat source		0.0001
اثر سطح چربی Effect of fat level		0.0001
مکمل × منع چربی fat source×Supplement effect		0.84
مکمل × سطح چربی fat level×Supplement effect		0.70
منبع چربی× سطح چربی fat level× Effect of fat source		0.59
مکمل × منع چربی× سطح چربی fat level× fat source ×Supplement effect		0.81

[۱]داده‌های مربوط به اثرات متقابل که معنی‌دار نبودند، گزارش نشده است.

[1]Interactions were not significant, there for data have not been reported.

به طور مشابه دیریک و دکاپیر (۲۰۰۴) اثر مثبت بر قابلیت هضم بخش غیرلیپیدی در جیره خوک‌های در حال رشد که حاوی ۴ درصد

چربی حیوانی بود را گزارش کردند (۵). در مقابل، زینک و همکاران (۲۰۰۴) یک کاهش خطی در قابلیت هضم ماده خشک، انرژی خام و پروتئین خام به هنگام افزودن ۰/۱ درصد لیزولسیتین به جیره بچه خوک‌ها تا سن ۲۸ روزگی مشاهده کردند (۳۶). به هرحال، محققان دیگر قابلیت هضم بهتر چربی را با استفاده از ۰/۰۲ درصد از لیزولسیتین به عنوان مکمل برای جیره بچه خوک‌های از شیر گرفته شده ۱۰ روزه گزارش کردند. همچنین سوارز و لوپز-بت (۲۰۰۲) اثر متفاوت لسیتین بر قابلیت هضم چربی را مشاهده کردند که به منبع چربی جیره مرتبط است، اثرات مثبت بیشتر در جیره‌های حاوی چربی خوک نسبت به روغن سویا مشاهده شد (۳۱). زامپیگا و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که اثرات کم امولسیفایر بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره ممکن است به استفاده از روغن سویا به عنوان منبع چربی در جیره نسبت داده شود (۳۷). در مقابل دیریک و دکایپر (۲۰۰۴)، گزارش کردند که در خوک‌ها استفاده از یک منبع چربی با قابلیت هضم بالا مانند روغن سویا، ممکن است عملکرد امولسیفایر و اثرات محدود آنها را بهتر نشان دهد (۵).

یوپدهایا و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که قابلیت هضم ماده خشک و چربی به طور خطی با افزایش سطوح امولسیفایر (سدیم استرول ۲- لاکتیلات و Tween ۲۰) در جیره‌های حاوی یک و دو درصد چربی مخلوط افزایش یافت که نشان دهنده اثرات مثبت امولسیفایرها بر هضم چربی نسبت به دیگر مواد مغذی است (۳۲). به علاوه، قابلیت هضم بالای ماده خشک با هضم‌پذیری چربی مرتبط است و این ممکن است منجر به بهبود عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی شود. مطالعات نشان داده است که قابلیت هضم چربی جیره در کل دستگاه گوارش نه فقط به منبع چربی بلکه به ترکیب جیره بستگی دارد. ماهیت شیمیایی اسیدهای چرب یک عامل تأثیرگذار برای قابلیت هضم چربی جیره در کل دستگاه گوارش است (۳۳ و ۱۳ و ۳). در واقع جوجه‌ها اسیدهای چرب را از منابع چربی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) خیلی بهتر می‌توانند نسبت به چربی‌های غنی از اسیدهای چرب اشباع (SFA) جذب کنند (۳۳).

قابلیت هضم چربی، ماده خشک و انرژی قابل متابولیسم جیره در جوجه‌های جوان تغذیه شده با جیره‌های پایه حاوی لیزولسیتین نسبت به تغذیه آنها با جیره‌های پایه بدون مکمل بالاتر بود (۹). به هر حال، در این نتایج، مکمل لیزوفسفولیپید اثر معنی‌داری بر انرژی قابل متابولیسم و قابلیت هضم ماده خشک و چربی جیره در جوجه‌های ۱۷ تا ۲۱ روزگی نداشت. علت نتایج مثبت در استفاده از امولسیفایرها را می‌توان اینگونه توضیح داد که لیزولسیتین امولسیون روغن در آب را ترویج می‌دهد، که یک تعادل هیدروفیلیک - لیپوفیلیک بالاتر نسبت به لسیتین ایجاد می‌کند، در نتیجه امولسیون روغن در آب بیشتر می‌شود. لیپیدها که با امولسیون روغن در آب در دستگاه گوارش قرار می‌گیرند، بهتر امولسیفه شده و در نتیجه جذب دیگر مواد مغذی را تحریک می‌کنند. به علاوه، لیزوفسفولیپید سورفاکتانت (فعال کننده سطحی) قوی هستند و مخلوط شدن مواد هضمی را بهبود داده، اندازه قطرات امولسیون را کاهش و دسترسی آنزیم‌ها به لیپیدها را در دستگاه گوارش تسهیل می‌کنند. بنابراین، تصور می‌شود که لیزوفسفولیپید جذب چربی‌ها را از طریق مشارکت آنها در تشکیل میسل بهبود می‌دهد. جنسن و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که مکمل لیزولسیتین قابلیت هضم ماده خشک در جیره حاوی چربی خوک را بهبود داد و بیان داشتند که درجه بهبودی به سطح چربی افزودنی در جیره جوجه‌های گوشتی بستگی دارد (۹). بونتیام و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که هنگام کاهش مواد مغذی جیره‌های آزمایشی (انرژی قابل متابولیسم، پروتئین خام و اسیدهای آمینه)، لیزوفسفولیپید قابلیت هضم مواد مغذی و انرژی خوراک را افزایش می‌دهد (۲). قابلیت هضم اسیدهای چرب، چربی‌خام و مقدار انرژی قابل متابولیسم تصحیح شده برای نیتروژن به وسیله فسفولیپیدها در جوجه‌های گوشتی بهبود یافت (۹).

اثر متقابل منبع چربی و سطح جایگزینی چربی بر انرژی قابل متابولیسم چربی (کیلوکالری در کیلوگرم)، قابلیت هضم ماده خشک (درصد) و چربی خام (درصد) جیره ذرت - کنجاله سویا در جدول ۵ نشان داده شده است. اثر متقابل سطح جایگزینی و منبع چربی بر انرژی قابل متابولیسم چربی جیره معنی‌دار بوده به طوری که جیره با سطح نه درصد جایگزینی روغن سویا نسبت به سطوح دیگر جایگزینی و منابع دیگر چربی بیشترین انرژی قابل متابولیسم را داشت ($P<0.05$). اثرات متقابل لیزوفسفولیپید × نوع منبع چربی، لیزوفسفولیپید × سطح چربی جیره و لیزوفسفولیپید × نوع منبع چربی × سطح چربی جایگزین شده در جیره بر انرژی قابل متابولیسم، درصد قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم چربی خام جیره معنی‌دار نبودند ($P>0.05$).

جدول ٤- اثر مکمل لیزوفسفولیپید، منبع و سطح جایگزینی چربی بر انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)، قابلیت هضم ماده خشک و چربی خام (درصد) جیره ذرت–کنجاله سویا در جوجه‌های گوشتی (۲۱–۱۷ روزگی)

Table 4- Effect of supplement lysophospholipid, source and fat replacement level on metabolizable energy (kilo calorie per kg), digestibility of dry matter and crude fat (%) of corn-soybean meal in broiler chickens (17-21 days)

اثرات اصلی The main effects	تعداد مشاهده Number of observations	انرژی قابل متابولیسم ضاهری AME [1]	ماده خشک[2] DM [2]	عصاره اتری[3] EE [3]
سطح مکمل Supplement				
صفر	72	3098	71.39	81.81
250	72	3113	71.82	79.56
SEM		10.15	0.28	1.15
منبع چربی Effect of fat source				
روغن سویا Soybean oil	48	3164 [a]	72.72[a]	80.36 [ab]
پیه‌گاوی Tallow	48	3062 [b]	70.74[b]	76.77[b]
مخلوط[4] Mixture[4]	48	3088 [b]	71.37[b]	83.70[a]
SEM		12.43	0.35	1.41
سطح چربی جایگزین Fat level replacement				
0	36	2888 [c]	70.96[a]	75.89 [b]
3	36	3062[b]	71.33[ab]	81.78[ab]
6	36	3213[a]	71.98[a]	80.19[ab]
9	36	3257[a]	72.17[a]	83.51[a]
SEM		14.34	0.86	1.63
احتمالات p- value				
اثر مکمل Supplement Effect		27.0	14.0	34.0
اثر منبع چربی Effect of fat source		0001.0	0001.0	0061.0
اثر سطح چربی Effect of fat level		0001.0	017.0	0092.0

[1] انرژی قابل متابولیسم [2] قابلیت هضم ماده خشک [3] قابلیت هضم چربی خام [4] مخلوط (۵۰ : ۵۰ روغن سویا و پیه‌گاوی).

[1] Apparent metabolizable Energy. [2] Digestibility of dry matter. [3] Digestibility of crude fat. [4] Mix (50:50 soybean oil and tallow).

مطابق نتایج ما، ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) هیچ اثر متقابل معنی‌داری بین منبع چربی (روغن‌سویا، پیه و چربی طیور) و لیزوفسفاتیدیل کولین بر قابلیت هضم مواد مغذی جیره در جوجه‌های گوشتی مشاهده نکردند (۳۸). برخلاف نتایج این مطالعه پلیکارپو و همکاران (۲۰۱۶) اثرات متقابل معنی‌داری در استفاده مکمل لیزوفسفولیپید و منبع چربی بر انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم چربی خام جیره حاوی روغن سویا و پیه گزارش کردند. افزایش قابلیت هضم چربی جیره به هنگام استفاده از روغن سویای افزودنی بهبود انرژی قابل‌متابولیسم جیره نیز نشان داده شده است (۲۲). پلیکارپو و همکاران (۲۰۱۶) مطابق با این نتایج، بیشترین ADL[1] با جیره حاوی روغن سویا در جوجه‌های گوشتی در سن ۶ تا ۱۴ روزگی مشاهده کردند که در نتیجه ADNGE[2] را بهبود بخشید و به روشنی برتری روغن سویا را نسبت به پیه نشان می‌دهد. قابلیت هضم بالاتر روغن سویا در مقایسه با پیه نیز توسط بسیاری از نویسندگان مشاهده شده است (۳). عوامل زیادی در هضم چربی و روغن مؤثر هستند. قبلاً نشان داده

1- Digestibility of lipid

2- Apparent digestibility of nitrogen-corrected gross energy

شده است کـه درجـه اشـباعی (۱۶)، میـزان اسـیدهای چـرب آزاد و موقعیت اسید چرب موجود بر روی مولکـول تـری‌گلیسـرید (۲۴) بـر استفاده از لیپیدهای رژیم غذایی توسط پرندگان تأثیر می‌گذارد.

جدول ۵- اثر متقابل منبع و سطح جایگزینی چربی بر انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)، قابلیت هضم ماده خشک (درصد) و چربی خام (درصد) جیره ذرت- کنجاله سویا در جوجه‌های گوشتی (۲۱-۱۷ روزگی)

Table 5- Interaction of source and fat replacement level on metabolizable energy (kcal / kg), digestibility of dry matter (%) and crude fat (%) of corn-soybean meal in broiler chickens (17-21 days)

منبع چربی × Effect of fat source ×	سطح چربی Fat level	انرژی قابل متابولیسم ضاهری AME [1]	ماده خشک[۲] DM [2]	عصاره اتری[۳] EE [3]
روغن سویا Soybean oil	0	2909[f]	71.3	74.2
روغن سویا Soybean oil	3	3101[ced]	72.1	81.2
روغن سویا Soybean oil	6	3263[b]	73.1	81.4
روغن سویا Soybean oil	9	3383[a]	74.2	85.6
پیه‌گاوی Tallow	0	2865[f]	70.4	76.6
پیه‌گاوی Tallow	3	3036[e]	70.2	77.7
پیه‌گاوی Tallow	6	3169[bcd]	70.8	73.6
پیه‌گاوی Tallow	9	3179[bc]	71.1	79.1
مخلوط Mixture	0	2889[f]	70.7	76.8
مخلوط Mixture	3	3049[ed]	71.6	86.6
مخلوط Mixture	6	3208[bc]	71.9	85.6
مخلوط Mixture	9	3207[bc]	71.9	85.7
SEM		28.69	0.70	2.82
		احتمالات[۵] p- value[5]		
مکمل × منبع چربی fat source×Supplement effect		0.91	0.36	0.78
مکمل × سطح چربی fat level×Supplement effect		0.98	0.46	0.37
منبع چربی× سطح چربی fat level× Effect of fat source		0.017	0.13	0.36
مکمل × منبع چربی× سطح چربی fat level× fat source ×Supplement effect		0.99	0.97	0.82

[۱] انرژی قابل متابولیسم [۲] قابلیت هضم ماده خشک [۳] قابلیت هضم چربی خام [۴] مخلوط (۵۰ : ۵۰ روغن سویا و پیه‌گاوی).

[1] Apparent metabolizable Energy. [2] Digestibility of dry matter. [3] Digestibility of crude fat. [4] Mix (50:50 soybean oil and tallow).

[۱]داده‌های مربوط به اثرات متقابل که معنی‌دار نبودند، گزارش نشده است.

[1]Interactions were not significant, there for data have not been reported.

همچنین، عوامل فیزیولوژیکی و متابولیکی ممکن است در هضم لیپیدها تأثیر بگذارند، که به عمل سورفکتانت نمک صفراوی در فرآیند

امولسیون وابسته است. با این حال، در مراحل اولیه زندگی، پرندگان به مقدار کافی نمک صفراوی ندارند، که بیانگر یک نکته بحرانی است که می‌تواند در هضم بهینه چربی‌ها اثر داشته باشد. قابلیت هضم چربی‌ها در پرندگان جوان بسیار محدود است، زیرا لیپازهایی که ترشح می‌کنند، کافی نیست. اگرچه برخی از داده‌های منتشر شده نشان می‌دهند که ترشح روزانه لیپاز دوازدهه با افزایش سن ۲۰ برابر می‌شود (۲۰)، ترشح لیپاز هنگام محاسبه در هر گرم خوراک مصرفی کمتر است. این نشان می‌دهد که ترشح لیپاز پرندگان جوان‌تر ممکن است آنقدر که انتظار می‌رود، هنگام مصرف خوراک آنها، کافی نباشد (۱۸). نمک‌های صفراوی نیز در هضم لیپیدها نقش اساسی دارند. با این حال، ترشح آنها به عنوان محدودیت اصلی استفاده لیپیدها در هفته‌های اول پس از هچ در نظر گرفته می‌شود (۱۰ و ۱۵). روغن سویا در درجه اول از UFA تشکیل شده است (جدول ۲) که هضم آن نسبت به SFA به ویژه در پرندگان جوان آسان‌تر است. پرندگان جوان‌تر از ۲ هفته مقادیر محدودی از ترشح اسیدهای صفراوی را دارند (۱۴)، که ممکن است هضم چربی، به ویژه با منابع چربی اشباع را مختل کند. از این رو، عدم تولید کافی نمک های صفراوی در جوجه‌های جوان ممکن است هضم چربی‌خام پایین‌تری در پرندگان تغذیه شده پودر چربی پالم نسبت به آنهایی که روغن سویا تغذیه کردند، ایجاد کند.

برآورد مقادیر انرژی قابل متابولسیم روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط (۵۰ : ۵۰ روغن سویا و پیه‌گاوی) آنها با و بدون استفاده از مکمل لیزوفسفولیپید از طریق معادلات رگرسیون در جدول ۶ نشان داده شده است. در این بخش پس از اندازه‌گیری انرژی خام جیره‌های حاوی منابع مختلف چربی در سطوح مختلف جایگزینی و انرژی خام مدفوع مربوط به هر تکرار، انرژی قابل متابولیسم جیره‌های آزمایشی تعیین و سپس انرژی قابل متابولیسم منابع چربی با استفاده از معادله رگرسیونی بر اساس توصیه (وایزمن ۱۹۹۹) برآورد شد (۳۴). مقادیر انرژی قابل متابولیسم از طریق معادلات برای روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها بدون مکمل به ترتیب ۸۳۶۷، ۶۱۳۵ و۶۵۴۷ و با مکمل امولسیفایری ۸۵۲۴، ۶۱۷۸ و ۶۷۵۸ (کیلوکالری در کیلوگرم) برآورد شد. بنابراین، ارزش افزوده برآورد شده (ماتریکس) مکمل لیزوفسفولیپید برای انرژی قابل متابولیسم هر کیلوگرم روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها به ترتیب ۱۵۷، ۴۳ و ۲۱۱ (کیلوکالری-درکیلوگرم چربی) از طریق معادلات تخمینی بدست آمد.

جدول ٦- مقادیر انرژی قابل متابولیسم منابع مختلف چربی با و بدون افزودن مکمل لیزوفسفولیپید برآورد شده از طریق معادلات رگرسیونی (کیلوکالری در کیلوگرم)

Table 6- Amuonts of metabolizable energy of different fat sources with and without additive supplementation of lysophospholipid estimated by regression equations (Kcal / Kg)

مکمل Supplement	منبع چربی Effect of fat source	معادله رگرسیون Regression equation	R^2	ME
بدون امولسیفایر Without emulsifier	روغن سویا Soybean oil	4.9x + 2901.y = 5465	98.0	3.8367
	پیه‌گاوی Tallow	2.7x + 2913.y = 3221	85.0	9.6134
	مخلوط Mixture	4x + 2911.9.y = 3635	89.0	3.6547
با امولسیفایر With emulsifier	روغن سویا Soybean oil	y = 5609.5x +2914.3	0.98	8.8523
	پیه‌گاوی Tallow	y = 3257.7x + 2919.9	0.88	6.6177
	مخلوط Mixture	y = 3837.6x + 2920.2	0.90	6758.5

R^2ضریب تبیین
R-squared

سیبالد و کرامبر (۱۹۷۷) با تغذیه اجباری خروس‌ها، انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای نیتروژن روغن سویا را اندازه‌گیری کرده و آن را ۹/۵۱ کیلوکالری در گرم گزارش کرده بودند. تفاوت‌ها در مقدار انرژی روغن سویا ممکن است مربوط به عمل‌آوری این محصول در کارخانجات، شرایط آزمایش، سن، نوع جیره و سلامتی پرندگان مورد آزمایش باشد. مقدار انرژی قابل متابولیسم پیه-

گاوی نسبت به روغن سویا کمتر بود که مربوط به اسیدهای چرب اشباع (اسید استئاریک و پالمیتیک) موجود در آن می‌باشد. نوع اسیدهای چرب موجود در جیره نیز می‌تواند بر انرژی قابل متابولیسم چربی افزودنی تأثیر بگذارد. اسیدهای چرب اشباع باعث کاهش قابلیت هضم چربی و در پی آن کاهش انرژی قابل متابولیسم آن در پرندگان می‌شوند (۲۸).

نتیجه‌گیری کلی

از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که مکمل لیزوفسفولیپید سبب افزایش انرژی قابل متابولیسم چربی‌های افزودنی شد، اما بر انرژی قابل متابولیسم، قابلیت هضم ماده خشک و چربی‌خام جیره تأثیر چندانی نداشت. به علاوه، میانگین ارزش افزوده اندازه‌گیری شده (ماتریکس) مکمل لیزوفسفولیپید در مقدار توصیه شده ۲۵۰ گرم در یک تن خوراک که حاوی سه درصد چربی افزودنی باشد (سطح معمول تجاری۳۰ کیلوگرم چربی در تن)، حدود ۱۷۸۹۲ کیلوکالری انرژی‌قابل متابولیسم برای جوجه‌های گوشتی در دوره رشد است. همچنین ارزش افزوده برآورد شده این مکمل با معادلات رگرسیونی به تفکیک برای روغن سویا، پیه‌گاوی و مخلوط آنها در یک تن خوراک حاوی سه درصد چربی به ترتیب برابر با ۴۷۱۰، ۱۲۹۰ و ۶۳۳۰ کیلوکالری در کیلوگرم جیره خواهد بود.

منابع

1- Alzawqari, M., H. Kermanshahi, and H. N. Moghaddam. 2010. The effect of glycine and desiccated bile supplementation on performance, fat digestibility, blood chemistry and ileal digesta viscosity of broiler chickens. Global Veterinaria, 96:593-601.

2- Boontiam, W., B. Jung, and Y. Y. Kim. 2016. Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens. Poultry Science, 96(3):593-601.

3- Dänicke, S., H. Jeroch, W. Böttcher, and O. Simon. 2000. Interactions between dietary fat type and enzyme supplementation in broiler diets with high pentosane contents: effects on precaecal and total tract digestibility of fatty acids, metabolizability of gross energy, digesta viscosity and weights of small intestine. Animal Feed Science and Technology, 84:279-294.

4- Dänicke, S., O. Simon, H. Jeroch, K. Keller, K. Gläser, H. Kluge, and M. R. Bedford. 1999. Effects of dietary fat type, pentosan level and xylanase supplementation on digestibility of nutrients and metabolizability of energy in male broilers. Archives of Animal Nutrition, 52:245-261.

5- Dierick, N. A., and J. A. Decuypere. 2004. Influence of lipase and/or emulsifier addition on the ileal and faecal nutrient digestibility in growing pigs fed diets containing 4% animal fat. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84:1443-1450.

6- Freeman, C. P. 1976. Digestion and absorption of fat. In: Boorman, K. N., Freeman, B. M. (Eds.), Digestion in the Fowl. British Poultry Science Association Edinburgh, Scotland, pp:117-142.

7- Friedman, H. I, and B. Nylund. 1980. Intestinal fat digestion, absorption, and transport. A review. The American Journal of Clinical Nutrition, 33:1108-1139.

8- Guerreiro Neto, A. C., A. C. Pezzato, J. R. Sartori, C. Mori, V. C. Cruz, V. B. Fascina, D. F. Pinheiro, L. A. Madeira, and J. C. Goncalvez. 2011. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. Brazilian Journal of Poultry Science, 13:119-125.

9- Jansen, M., F. Nuyens, J. Buyse, S. Leleu, and L. Van Campenhout. 2015. Interaction between fat type and lysolecithin supplementation in broiler feeds. Poultry Science, 94:2506-2515.

10- Jin, S. H., A. Corless, and J. L. Sell. 1998. Digestive system development in post-hatch poultry. World's Poultry Science Journal. 54:335-345

11- Jones, D. B., J. D. Hancock, D. L. Harmom, C. E. Walker. 1992. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and added fats in young chicks. Poultry Science, 68:1506-1512.

12- Joshi, A., S. G. Paratkar, and B. N. Thorat. 2006. Modification of lecithin by physical, 387 chemical and enzymatic methods. European Journal of Lipid Science and Technology, 108:363-373.

13- Ketels, E., and G. de Groote. 1989. Effect of ratio of unsaturated to saturated fatty acids of the dietary lipid

fraction on utilization and metabolizable energy of fatty acid. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40:111-115.

14- Krogdahl, A. 1985. Digestion and absorption of lipids in poultry. Journal of Nutrition, 115:675-685.

15- Leeson, S., and J. D. Summers. 2001. Nutrition of the Chicken, 4th ed. (Leeson and summers, Published by university book, Guelph, Ontario, Canada (N1H6N8).

16- Leeson, S., J. D. Summers. Fat values. 1976. The effect of fatty acid saturation. Feedstuffs, 8:26-28.

17- Mine, Y., H. Kobayashi, K. Chiba, and M. Tada. 1992. 31P NMR study on the interfacial absorptivity of ovalbumin promoted by lysophosphatidylcholine and free fatty acids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40:1111-1115.

18- Meng, X., B. A. Slominski, and W. Guenter. 2004. The effect of fat type, carbohydrase, and lipase addition on growth performance and nutrient utilization of young broilers fed wheat-based diets. Poultry Science, 83:1718-1727.

19- Murray, R. K., D. K. Grammar, P. A. Mayes, and V. W. Rodwell. 1988. Harpers Biochemistry, 21st edition, A Lange Medical Book. California. Pp:241-252.

20- Noy, Y., and D. Sklan. 1995. Digestion and absorption in young chicks. Poultry Science, 74:366-373.

21- Polin, D., T. L. Wing, and K. E. Rell. 1980. The effect of bile acids and lipase on absorption of tallow in young chicks. Poultry Science, 59:2732-2743.

22- Polycarpo, G. V., M. F. C. Burbarelli, A. C. P. Carão, C. E. B. Merseguel, J. C. Dadalt, S. R. L. Maganha, R. L. M. Sousa, V. C. Cruz-Polycarpo, and R. Albuquerque. 2016. Effects of lipid sources, lysophospholipids and organic acids in maize-based broiler diets on nutrient balance, liver concentration of fat-soluble vitamins, jejunal microbiota and performance. British Poultry Science, 59 (6):788-98.

23- Raju, M. V. L. N., S. V. R. Rao, P. P. Chakrabarti, B. V. S. K. Rao, A. K. Panda, B. L. A. P. Devi, V. Sujatha, J. R. C. Reddy, G. Shyam Sunder, and R. B. N. Prasad. 2011. Rice bran lysolecithin as a source of energy in broiler chicken diet. British Poultry Science, 52:769-774.

24- Renner, R., and F. W. Hill. 1961. Factors affecting the absorbability of saturated fatty acids in the chick. Journal of Nutrition, 74:254-258.

25- Rochell, S., J. Bjk, and W. A. Dozier. 2011. Energy determination of corn co-products fed to broiler chicks from 15 to 24 days of age, and use of composition analysis to predict nitrogen-corrected apparent metabolizable energy. Poultry Science, 90:1999-2007.

26- Schwarzer, K., and C. A. Adams. 1996. The influence of specific phospholipids as absorption enhancer in animal nutrition. Lipid/Fett, 98:304-308.

27- Sibbald, I. R. 1977. The TME system. II. Feedstuffs values and conversion data. Feedstuffs, Poultry Science, 56 (6):2079-2086

28- Sibbald, I. R., and J. K. G. Kramer. 1977. The TME values of fats and fat mixtures. Poultry Science, 56:2079-2086.

29- Sibbald, I. R., and S. J. Slinger. 1963. A biological assay of ME in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. Poultry Science, 42:313-325

30- Smits, C. H. M., P. J. Moughan, A. C. Beynen. 2000. The inhibitory effect of a highly viscous carboxymethylcellulose on dietary fat digestibility in the growing chicken is dependent on the type of fat. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 83:231-238.

31- Soares, M., C. J. Lopez-Bote. 2002. Effects of dietary lecithin and fat unsaturation on nutrient utilization Symposium. Pp:8-15.

32- Upadhaya, S. D., J. S. Lee, K. J. Jung, and I. H. Kim. 2017. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. Poultry Science, 97:255-261.

33- Wiseman, J. 1984. Assessment of the digestible and metabolizable energy of fats for non-ruminants. In: Wiseman, J. (Ed.), Fats in Animal Nutrition.book.

34- Wiseman, J. 1999. Optimizing the role of fats in diet formulation. Poultry Science, Symposium. Pp. 8-15.

35- Wongsuthavas, S., S. Terapuntuwat, W. Wongsrikeaw, S. Katawatin, C. Yuangklang, and A. C. Beynen. 2008.

Influence of amount and type of dietary fat on deposition, adipocyte count and iodine number of abdominal fat in broiler chickens. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 92:92-98.

36- Xing, J. J., E. Van Heugten, D. F. Li, K. J. Touchette, J. A. Coalson, R. L. Odgaard, and J. Odle. 2004 Effects of emulsification, fat encapsulation, and pelleting on weanling pig performance and nutrient digestibility. Journal Animal Science, 82:2601-2609.

37- Zampiga, M., A. Meluzzi, and F. Sirri. 2016. Effect of dietary supplementation of lysophospholipids on productive performance, nutrient digestibility and carcass quality traits of broiler chickens, Italian Journal of Animal Science, 15:521-528.

38- Zhang, B., L. Haitao, D. Zhao, Y. Guo, and A. Barri. 2011. Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. Animal Feed Science and Technology, 163:177-184.

39- Zhao, P. Y., H. L. Li, M. M. Hossain, and I. H. Kim. 2015. Effect of emulsifier (lysophospholipids) on growth performance, nutrient digestibility and blood profile in weanling pigs. Animal Feed Science Technology, 207:190-195.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 4, Winter 2021, p. 513-528

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۵۲۸-۵۱۳

Added value (matrix) of Lysophospholipids Supplementation on Metabolizable Energy of Different Fat Sources and Digestible Nutrients of Corn-Soybean Meal Diet in Broiler Chickens

Ali Akbar Salari[1], Abolghasem Golian[*2] and Ahmad Hassanabadi[2]
Submitted: 30-06-2019
Accepted: 15-12-2019

Introduction The digestion and absorption of dietary fats involve processing of insoluble triglycerides in water, which is done by bile activity to emulsify the fats and then to hydrolyze them by lipase. Lipid digestion is not optimal, especially in young birds and it is improved with increasing age; this is due to the low capacity of the digestive system in the secretion of lipase and bile acids, so that the lipase function in one-day-old chickens is one percent of its activity in 21 days of age. Emulsifiers can distribute fat droplets in the emulsion, which is required for the digestion and absorption of fats. Lysophospholipids increase the ability of the emulsion of the fat in the diet and facilitate the development of the chylomicron and, as a result, it increases the digestive capacity and absorption of lipids, such as essential fatty acids and lipid soluble vitamins in the small intestine. The purpose of this study was to estimate the added value of lysophospholipid supplement in corn-soybean diets and its added effect on metabolizable energy (ME) of different types of fat during the growth period of broiler chicks.

Materials and methods Three hundred and fifty day-old male Ross 308 broiler chicks were obtained from a commercial hatchery unit. First, the whole chicks were kept in the pan for up to 14 days of age and fed with standard starter (1-10 days) and grower (11-14 days) diets. At 15 d of age, 288 chicks were divided into 144 two-part groups, then they were transferred randomly to metabolic cages and fed with experimental diets. The trial was conducted in a completely randomized design with factorial arrangement of two lysophospholipid (0 and 250 g/ton) levels, three fat sources (soybean oil, tallow and their mix) and four levels of fat (0, 3, 6 and 9 % replaced in diet) with 6 replicates of 2 male birds each. Twelve experimental diets were prepared by replacing and mixing four levels of soy oil, tallow and/or their mixture (50:50) in the basal diet. Then, each diet was divided into two equal parts; one part was mixed with 0.25 g/kg of supplemental lysophospholipid and the other one was kept intact to make 24 diets.

Results and Discussion According to the different ratio of saturated fatty acids to unsaturated fatty acids (SFA: UFA) between tallow (33:60) and soybean oil (16:84), it is known that saturated fatty acids are less digestible in animal fats compared with fatty acids of vegetable oils. Addition of supplemental lysophospholipid did not have any significant effects on dietary ME, digestibility of dry matter (DM) and crude fat (CF). The interaction effect of the replacement level and the sources of fat was significant for the ME of diet, in which the basal diet with 9 percent soybean oil replacement had the highest ME compared to the other levels and the other fat sources. Two and three way interactions were not significant for ME and digestibility of dietary DM and CF. No significant effect of lysophospholipids on the digestibility of dietary nutrients using 1 and 1.5 g/kg of diet. The effects of lysophospholipids on the digestibility of nutrients depend on factors such as the difference in the base diet, especially in ingredient, the composition and ratio of fat in the diet and the emulsifier (lysophospholipid), which can lead to different responses. Soybean oil had the most ME among the sources of fat. The ME of soybean oil, tallow and their mixture was determined using replacement method to be 8367, 6134 and 6547 kcal/kg, respectively. Studies have shown that the degree of saturation, the amount of free fatty acids, and the position of fatty acids on the glycerol basis affect utilization of fat by the bird. Possibly, the effect of lipophospholipids on the digestibility of crude fat from diets containing tallow can complete the function of bile salts. In normal conditions, there is little effect on high amounts of saturated fatty acids. The lysophospholipid supplementation improved the ME of various sources of fat about 596.4 kcal/kg. The estimated added value (matrix) of lysophospholipid supplement for ME in each kilogram of soybean oil, tallow and their mixture, were 157, 43 and 211 kcal/kg, respectively.

1-Ph.D. Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Professors of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
(*-Corresponding author Email: golian-a@um.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i4.81617

Conclusion The results of this study showed that the lysophospholipid supplementation increased the ME of supplemental fats but had no significant effect on the ME, digestibility of DM and CF in diet.

Key words: Added value, fat levels, Fat sources, Performance, Tallow and Soybean oil.